

高等学校教材试用本

航空地质测量

北京地质学院区域地质教研室编

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书較系統的闡述在地质測量工作中应用航空象片和航空目測的方法和技術。內容主要是航空摄影測量基本知識、航空象片的地质解譯、航空目測、航空地质測量的方法及彩色航空象片等新技术的应用概況。适于高等院校地质測量及找矿专业作为教学用书。

本书由刘光勳、何科昭、曹灿霞等編写。

航空地质測量

北京地质学院区域地质教研室編

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $5\frac{1}{2}$ ·插頁48·字数123,000

1963年3月北京第一版·1963年3月北京第一次印刷

印数0001—1,240·定价(10-5)1.90元

統一书号：K15165·1747（地质-170）

前 言

在地质工作中較普遍的应用航空方法，还是最近几年的事，因此航空地质测量方法还很年青，在方法技术上还很很成熟，許多問題还有待进一步探索，通过实践不断总结提高，逐步解决。这也就使本教材在內容上受到一定限制，許多問題尚未解决，仅仅提出目前初步的看法。

关于航空摄影資料的解譯和航空目測方法，最近几年来在我国进行的地质测量及找矿工作中已比較普遍应用，从目前初步使用情况看来，在加快地质調查工作的速度和提高地质图件的质量方面，已取得一定的效果，成为每个地质工作者必須掌握的一种方法。因此各地质院校在教学計劃中相繼列入了有关这方面的課程。但是目前有关这方面的参考文献很少，为了滿足教学上迫切的需要，在1960年5月，我院区域地质教研室与来自全国各地十个有关高等院校（长春地质学院、成都地质学院、南京大学、西北大学、山东大学、同济大学、中南矿冶学院、黑龙江工学院、貴州工学院、云南昆明工学院）的十二位青年教师，主要根据苏联专家 A. E. 米哈依洛夫講授的“航空方法在地质学中的应用”講稿的內容，并参考了其他有关的文献資料，編写了“航空方法在地质工作中的应用”一书，做为有关这方面課程教学的参考书，由我院出版。这次我院負責編写“航空地质测量”課程的教材，本想根据实际的体会，征求各院校实际教学的經驗，搜集有关业务部門和各野外队的最新資料和經驗来重新編写；但由于教学需要，時間很紧，人力有限，只能根据我們在教学、生产、科研中积累的粗淺經驗，以原来已印出的“航空方法在地质工作中的应用”一书为基础，修改編写成此书，做为“航空地质测量”的教材，暫先付印，有待补充修改。

原来集体拟定的教学大綱虽然在我們实际教学中改动較大，但这次編写事先未来得及与各院校共同討論，为了慎重起見，未作改变，只是做了某些小的更动。

在內容上，对航空摄影和航空摄影测量、地质解譯标志、应用航空摄影資料进行地质工作的程序、航空目測等章节，根据一些新內容加以重新編写；其他章节只是做了修改补充工作。其中各种地质解譯、地貌解譯、第四系解譯等部分在原书上重复一般地质內容較多，而对在航空象片上解譯的任务、原則、方法、解譯标志等写的不明确，應該重新編写，但由于時間关系，只能大致維持原状，以后再作修改。同时把我們在教学过程中編写的实验提綱附于书后，仅作大家参考。

由于原书所附图片較少，又无象对，因此在这次編写中，为了便利教学上需要，增加了許多新图片，对原来所附不适当的图片进行調換，同时对主要的图片都增加了解譯的地质图，或增加象对。

我們衷心感謝 A. E. 米哈依洛夫专家對我們諄諄不倦的教导，不仅為我們培养了有关这方面的師資，也為我們編写了專門的講稿，选出了适用的象片，給我們进行这方面教学工作打下了基础，同时这本教材的內容一部分是取自专家的講稿。

在編写前后，都經地质部地质科学研究所陈蔭祥同志热心地幫助我們做了审查，提出了許多寶貴的意見。編写后，經我院測量教研室周卡教授做了全面审查，普地教研室何浩

生同志对地貌和第四系解译部分做了审查，对此表示感谢。

参加这次修改编写工作的有：刘光勳、何科昭、曹灿霞、丁溥权、黄清泉、侯福宝、曾开泉等同志，最后由刘光勳、何科昭 审定。由于编写者的水平有限，不论在内容、文字或图片上都会存在许多缺点，希望大家在使用本书的过程中，多多提出批评和意见，以便今后加以修改。目前有关航空地质测量的中文参考书还很少，除已出版的几本之外，今后即将出版的由 A.E. 米哈依洛夫所编“航空方法在地质学中的应用”一书可做为主要参考书。

編 者 識

1962年2月

目 录

前 言	1
第一章 緒論	5
一、航空地质测量的概念及內容	5
二、航空地质测量对地质工作发展的重要意义	6
三、航空地质测量的应用范围	6
四、航空地质测量的发展方向	7
第二章 航空攝影概述	8
一、航空摄影概述及航空摄影資料的应用	8
二、水平航空摄影的几何关系	15
三、立体观察与反光立体鏡的应用	18
第三章 航空象片解譯及解譯标志	26
一、航空象片的解譯及解譯标志	26
二、解譯标志的可变性	28
三、地形要素的解譯	29
第四章 地貌解譯	30
一、地貌解譯的任务	30
二、山岳地形的解譯	30
三、河谷地形的解譯	32
四、湖泊和海岸的地形解譯	34
五、冰川、喀斯特、风成地形的解譯	34
六、新构造运动現象的解譯	35
七、地貌图的編制	36
第五章 第四紀沉积物的解譯	37
一、第四紀沉积物解譯的任务和解譯特点	37
二、残积物的解譯	38
三、坡积物的解譯	39
四、重力堆积物的解譯	39
五、洪积物的解譯	40
六、冲积物的解譯	41
七、冰川沉积物的解譯	42
八、风成沉积物的解譯	42
第六章 地質解譯	43
一、地质解譯的任务	43
二、岩性解譯	43
三、构造解譯	44
第七章 矿产及其找矿标志的解譯	56
一、寻找矿产的直接标志	57

二、寻找矿产的間接标志	57
第八章 应用航空方法对浅水底部进行地質研究、彩色及光譜帶	
航空摄影資料在地質工作中的应用	59
一、浅水底部的航空地质測量工作	60
二、彩色航空象片及其在地质工作中的应用	62
三、光譜帶航空摄影測量及其在地质工作中的应用	63
第九章 航空目測	63
一、航空目測一般概述	63
二、航空目測的准备工作	65
三、空中观察的工作方法及技术	70
四、航空目測的室内整理工作	72
第十章 航空地質測量的工作方法	73
一、概念	73
二、航空摄影資料室内解譯阶段	76
三、全面野外研究工作	78
四、室内整理工作	79
主要参考文献	80
附：实验提綱	81
插图	87

第一章，緒 論

一、航空地质测量的概念及內容

航空地质测量是进行地质测量及找矿工作和其他专门性地质調查的方法之一，与其他一般地质工作方法的區別就在于它是直接或間接利用飞机及其他飞行工具，借助最新技术和仪器对地面做各种地质調查，或者对在飞机上所获得的資料进行地质解譯的一种专门工作方法。

根据目前发展情况，航空地质测量的內容主要有列三方面：

(一) 航空摄影資料的解譯

从目前情况看来，是在地质测量及找矿工作中使用比較广泛的一种方法，也是航空地质测量的基本方式，虽然現在发展得还不够完善，但也积累了許多經驗并发现許多規律。根据其任务和性质不同可分为：地质解譯、地貌解譯、地植物解譯等。

(二) 航空目測

地质人員直接应用飞机在空中对地面做各种地质調查，可以从任何高度、任何方向来观察地表，这样不仅可以补充航空象片解譯的方法，并且可以扩大航空地质测量的应用范围。

(三) 航空物探測量

这种方法近年来获得了特別广泛的发展，已成为一門独立学科，其中尤其是航空磁力測量、航空放射性測量已經广泛应用。目前苏联对于航空电法測量、重力測量等也进行試驗研究，获得初步成果。

以上三个方面仅仅反映了目前航空地质测量发展的状况，可以預計今后在我国随着国民經济不断跃进，生产飞速地发展，科学技术水平的不断提高，航空地质测量的方法还会有新的創造。同时我們必須深入钻研各种方法，使以上三个方面更好地結合在一起，綜合地加以利用，發揮各自的优越性，来解决不同的地质問題，使其不断地发展。目前航空地质测量中除了航空物探測量已形成专门学科，其他方法主要是做为地质工作的一种重要兵种，与其他各种方法配合进行。而利用航空方法来进行找矿工作，在目前注意还不够，有待地质工作者在实际工作中注意总结这方面的經驗。

航空方法的先进性不仅在于能够加速地质测量的过程，提高地质調查工作的效率，根本改变地球物探工作的技术，并且能够显著的提高地质测量的质量。

在地质工作中应用航空方法比一般地质工作具有如下特点：

(一) 經過航空象片解譯校正过的地质界綫，較地面方法勾繪的界綫精确得多，更接近于地表岩层的实际情况。

(二) 应用航空方法所測制的地质图，其构造細節更加細致。在岩层接近水平的情况下，对微弱的构造变动也能察觉。应用航空方法可对地壳断裂作用作出更正确的評價，这种实际意义尤其重大。比地形图更具体、更形象。

(三) 在地层表现为厚度較大的、岩性均一的地区进行制图时，通过象片解譯，可在

广大地段找出标志层，可以帮助地质人员对区域构造有进一步了解。航空象片解译为微地层研究开辟了广阔的道路，这对大比例尺地质测量有特别重要的意义。

(四) 在侵入岩发育的地区，通过象片解译可以准确的确定侵入体界线，圈定接触变质带，查明侵入体本身的很多详细构造，特别是断裂构造的规律。对浅成脉岩的制图，甚至在小比例尺地质测量中，也可得到相当于大比例尺地面地质测量的工作结果。

(五) 应用航空方法所测制的地貌图，在地形形态特征上要详细得多，可以得到与周围互相联系的包括地貌成因和形态单元的可靠结论，还可以查明地形对地质构造的依赖关系，地形的演化及新构造运动特征。

通过航空象片的解译，可以更精确的测制第四纪地质图。

(六) 应用航空方法，能提高某些矿产的普查效果，并能指出查明这些矿产的途径。寻找铁矿和与基性超基性岩或者与巨大断裂带有关的矿产时，航空物理探测的效果最好，通过航空象片解译，可减轻普查工作量，特别是彩色航空象片的应用，在寻找各种矿产方面能起很大作用。在进行地植物解译普查地下水方面，也获得了很大成绩。

(七) 在工程地质及海底、湖底浅水部分的研究方面，以及检查评价和校正旧有地质图件等方面，应用航空方法同样得到了很好的效果，并提高了工作效率。

地质工作中应用航空方法，并非在所有情况下都能达到上述效果，因为由于受自然条件的影响，各个地区的摄影效果是很不一致的，这就使航空方法的应用有一定局限性。

由于航空方法在地质工作中的广泛应用，技术装备的大量增加以及其它专业技术人员——领航员、飞行员、电报员及各种辅助人员等——的大量增加，引起了地质工作组织系统的变化。另外，无论在室内或室外，都增加了地面地质工作所没有的一系列繁重工作。而且为了摄制航空象片和进行航空目测，还要多花不少经费。

二、航空地质测量对地质工作发展的重要意义

● 近年来，尤其是从1958年以来连续三年大跃进，不论在工业、农业等各条战线上都获得飞跃发展，作为地质工作者来说，迅速的应用最先进的方法，加速地质测量及找矿勘探工作，不仅有其经济意义，而且还有其政治意义。

我国是地大物博的国家，但是由于大多数为高山、森林区，不仅地形地势复杂，且自然经济条件复杂，所以到目前为止，全国的地质情况并未查清，还有较大的面积仍是地质空白区。在这些地区如果仍然进行地面地形测量工作，不仅要花费较多的时间，且要付出巨大的经费和体力劳动，所以在进行地形测量和地质测量过程中，应用航空方法，是目前有效的方法之一，这不仅能节省大量工作时间，而且能够最大限度满足各方面的要求。

上述情况可充分说明，在地质工作中充分广泛的应用航空方法，是多快好省的发展地质工作的重要措施之一。

三、航空地质测量的应用范围

各种航空地质测量方法可以单独使用，也可以互相配合使用，这决定于地质调查的任务和调查地区的研究程度。航空地质工作方法最好是与地面工作组成一个整体，互相配合。

航空地质测量方法的应用范围大致可分为下列各方面：

(一) 各种比例尺的综合地质测量工作

在进行 1:1000000—1:50000 综合地质测量工作中，都应该最大限度的应用航空方法。不仅应用航空象片地质解译，有条件还应采用航空目测和航空物探工作。

在航空象片地质解译效果良好的地区，进行详细制图（所制图件的比例尺从 1:25000—1:5000）时，同样也要尽可能利用航空方法进行填图。

(二) 各种普查找矿工作

实际工作证明：在寻找石油、砂矿、有色金属、稀有放射性元素及非金属原生矿床时，应用航空方法具有特殊的效应。故凡是应用航空方法能够确定其找矿标志，并有应用航空方法的条件时，应尽量应用航空方法。

在目前，航空方法在找矿工作中的应用还很不成熟，更应该加强这方面的试验研究工作。

(三) 专门的地貌调查和第四纪调查工作

经验证明，在专门的地貌及第四纪调查工作中应用航空方法，更能显著的加快速度、提高效率和质量。在航空象片解译效果较好的地区，并且有质量较高的象片时，甚至通过室内的解译整理后，仅用少量的检查性野外观察，就能显著的提高其所制图件的精确性。

(四) 工程地质调查、水文地质调查以及配合后者所使用的地植物法

关于这方面，在我国已经开始使用。根据经验证明：在进行上述调查时，必须最广泛的应用航空方法。属于这类工作的可以举出很多。如所有铁路的选线，水库的水文地质勘查，拦河坝的修建，河床的疏濬，港口设计的勘查，以及有关疏干或灌溉土地的调查工作等等。

(五) 检查及校正旧有资料及图件

利用航空方法检查旧有资料及图件，既迅速又经济，可以布置最少的野外检查路线，就能使旧图件的质量大大提高。在校正旧图件时，充分利用航空物探资料，更有重要的意义，可以对构造的真实程度提供更充分的依据。

(六) 对海底、湖底浅水地带的研究

我国有较长的海岸线，湖泊也占相当的面积，对于浅水水下地形地质的研究已在进行。在工作过程中如果广泛应用航空方法，对开发矿产资源及科学研究工作，都能获得很大成就，今后应逐步加强积累经验。

四、航空地质测量的发展方向

航空地质工作方法虽然已有几十年的应用历史，但到目前为止，还远远未发挥其最大作用，在我国仅仅才开始应用，今后，航空地质方法应从各方面迅速发展。从其目前发展情况初步归纳起来大致可有下列方面：

(一) 尽速推广和扩大其应用范围

目前，很多生产单位还没有认识到应用航空方法的优越性，“将航空象片锁到箱子里，甚至还感到是累赘”的现象还不难遇见，故迅速普及应用航空方法的基本知识，推广和扩大其应用范围，是一项主要的任务。

(二) 加强航空地质工作方面的科学研究和经验交流，迅速建立必要的机构。

各个有条件使用航空方法的单位，都应尽力使用，并进行科学研究，推广经验。

(三) 加强为满足地质测量及找矿所需要的专门的大比例尺摄影测量工作

目前有些地区虽有航空象片，但因比例尺太小，不能应用，且很多重点矿山、普查找矿远景区，急需能满足找矿要求的大比例尺航空象片。因此组织进行大比例尺摄影测量工作是很重要的。

(四) 加强应用彩色航空象片和光谱带航空象片进行地质测量及找矿的试验工作，并在有利于应用彩色、光谱带航空象片的地区进行推广。

(五) 加强综合性地质测量及找矿工作

一方面使地面观察和航空象片解译、航空目测观察、航空物探工作有机的结合起来；另一方面，使航空摄影工作与航空地质工作密切结合起来。这对提高效率、节省资金都有重大意义。

(六) 设计和制造适合于地质工作使用的专门的飞行工具，推广运用直升飞机。

直升飞机对地质工作来说有很多优点，因为它对起飞降落场地要求条件低，甚至没有起飞降落场也可升降；它具有较大的速度，又能把速度放得最慢，以至在空中保持不动状态等，所以推广应用直升飞机，不但可以扩大航空方法的应用范围，而且可以显著提高使用航空方法的效果和提高地质测量和普查找矿工作的质量。

(七) 加强各种仪器的革新工作，大量设计和生产各种轻便而适用的航空地形、地质测量仪器。扩大立体效应的面积。

目前航空地形、地质测量方面应用的仪器较为笨重，今后应大力制造各种轻便的仪器，如设计野外应用的轻便立体镜和为地质工作者设计野外适用的轻便立体测量仪等。

扩大立体效应的面积也是一主要任务，应设法研究不仅能得到一对象片或一条航带的立体影像，而且能得到相当于象片平面图的成片完整的立体效应，这就能加速地质解译过程和易于阐明研究区域的一般地质规律。

(八) 简化转绘地形、地质图件的过程，并使转绘过程机械化、自动化、摆脱手工业式的劳动。目前转绘地形、地质图件的过程是一个复杂而艰巨的手工业式的劳动过程，一张不大的图件，就需要一个人几天时间的劳动。如果能大大简化转绘图件的过程（如设计和制造转绘图件的多倍投影仪等），并使转绘机械化、自动化，将会解放出很大一批劳动力，且能提高图件的质量。

最后应特别强调指出，以上所谈的发展方向中，以充分使用航空象片大力提高地质工作为主，其他方面要视具体条件逐步开展。

第二章 航空摄影概述

一、航空摄影概述及航空摄影资料的应用

(一) 航空摄影的一般概念

航空摄影是在安装航摄仪器的飞机上或利用其他飞行器械对指定地区的地面进行摄影，借以获得航空象片的过程。

下面简单地介绍一下航空摄影机的构造（如图2—1所示）。

基本上分为带有物镜的镜箱本体、暗匣、摄影装置、附有管理匣的自动装置等四部分。

鏡箱本体(3)和(4)；連接暗匣(1)及物鏡(5)。物鏡到軟片面的距离为摄影机的焦距以 f_K 表示。現代化的航摄机具有一組不同焦距的鏡箱，以便用于各种不同比例尺的摄影。物鏡前面裝有滤光鏡，其顏色随不同的需要而选择。一般常用的有黃色、橙色或紅色，借以消除摄影时空中薄霧的影响以及选择地吸收入射光譜中的某种光譜。(7)为附加框。附加框上有兩对框标，其連綫的交点为一般坐标系統的原点即象片主点(象主点)。暗匣裝在鏡箱的上面，通常有好几个，以便在空中更換。暗匣內裝有兩個卷軸(2)和(2')，作为供片与收片之用。(6)为压平板。在曝光时借以压平軟片。为了检查压平情况，在离邊緣2—2.5厘米处拉有四条細直綫称它为压平綫。

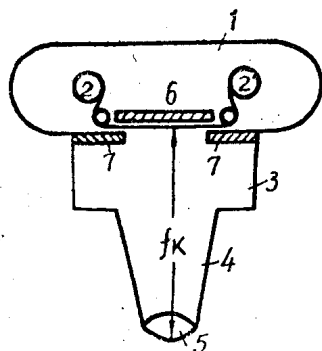


图 2—1 航空摄影机简图

現代的航空摄影机在空中进行摄影时能够自动的整平、卷移軟片和控制曝光時間間隔。图2—2 (見87頁) 为苏联制造的航空摄影机 $A\Phi A-T\Theta$ 的全貌。它完全是电动化和自动化的。

为了概略的知道摄影傾斜情况，摄影時間間隔及知道航空摄影机的类型和焦距等，一般在航摄像片的角隅上还同时摄有几种指示裝置的記錄。如图2—3所示。

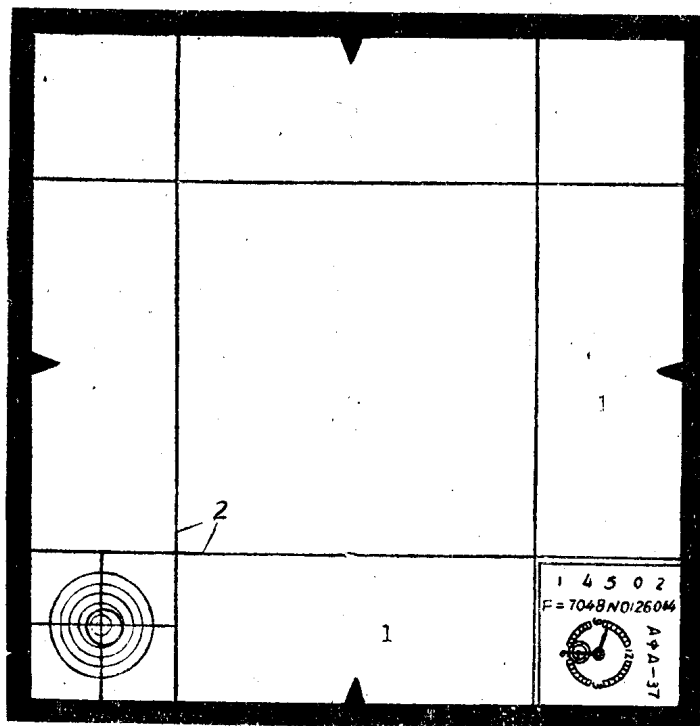


图 2—3 几种指示記錄

1 为框标。2 为压平綫。“14502”为摄影負片的号碼，借以計算出每天的工作量。“ $F=7048$ ”表示航空摄影机的焦距为 70.48 毫米。“ $A\Phi A-37$ ”表示航空摄影机的类型。“NO.126044”表示此架航空摄影机的出厂号碼。时表記錄了摄影时的時間。从两张連續摄影的象片时表記錄上，可算出摄影的時時間間隔。另一角隅上摄有圓水准器。同心圓表示度数，一圈为一度。讀数时，应从圓气泡中心算起，一般摄影不超过 2° 。

为了摄取符合一定质量的航空象片，对航空摄影工作有一定的要求。

1. 对航空摄影飞机的要求

a. 机舱中应便于安设进行航空摄影的各种仪器，而且要有适合于空勤组每个人員工作性质的位置，保证他們所需要的视界不受任何阻碍。

6. 要求飞机在空中有最大的稳定性。

b. 飞机的航速每小时100—300公里，以便适应各种比例尺的摄影。

r. 最大航高不得大于6000米。

2. 对航空摄影机的要求

a. 要利用构象误差非常微小的复式摄影物镜进行摄影。这一点非常重要，尤其在航摄像片上进行量测时影响较大。因为构象误差之一，光学畸变差会使直綫的影象变为弯曲，使构象违背中心投影原則。

6. 要求底片所安装的位置在物镜的焦面上，并且严格地与物镜光轴成正交，以简化摄影的几何关系。

b. 快门速度要快，使得飞机震动和运动对构象的影响很少，否則就会造成影象模糊。

r. 为了能在象片上建立坐标系，以便量测象点坐标，镜箱的四边必須装有框标，而且要求相对框标在象片上构象的連綫成正交，其交点与摄影物镜主光轴在象片上的垂足重合。

n. 航空摄影机要有多种镜箱，即具有各种焦距的镜箱，以便获得各种比例尺的航摄像片。

3. 对航摄像片的基本要求

a. 豎直方向的要求。

当摄取水平象片时，摄影机光轴应位于鉛垂方向。利用航空摄影机上附装的圆水准器，可以把摄影机的光轴引入豎直方向。但是精度不高，不能完全导至豎直方向，在航向上尚有 $\pm 1^\circ$ 而在旁向上有 $\pm 1.5^\circ$ 的偏差存在。目前航摄像片的傾斜一般都不超过 2° 。現代航空摄影机上装有自动回轉稳定装置，摄影时能自动的保持摄影机光轴垂直，使象片傾斜减少到 $\pm 15'$ 左右。

6. 航綫方向的要求及航綫长度的限定。

航空摄影时，飞机飞行的方向叫航向。确定飞机航向的基本仪器是磁罗盘，它的精度达 3° 。当依照設計好的路綫領航时，也可以采用太阳罗盘仪。为了测制国家基本图而进行航空摄影时，航綫的設計通常与緯綫平行，也就是說航綫敷设在东西方向上。但在現在的領航設備条件下，就是按照設計的航綫飞行也存在着一一定的誤差，因此限制了航綫的长度。采用磁罗盘領航时，航綫长度約60公里。采用太阳罗盘仪时，則以100—120公里为限。为便于制图，一般使航綫的长度等于梯形图廓边的整数倍。若遇居民点稀疏地区，則应依据地面綫状目标（河流、道路等）而决定航綫的长度。按地质工作的需要，也可沿着某一条山脉进行航空摄影。

b. 摄影航高。

摄影航高——从航空摄影机的光学中心到某一水平面的垂直距离称为摄影航高。是决定摄影比例尺的主要因素之一。对于不同水平面來說，應該有所区别。因此对于海平面的高度就称为绝对航高，以 H_0 表示；而对于摄影区域某一地平面的高度通常称为摄影航高，

以 H 表示。

在飞行中利用气压高度表来确定摄影航高。现代航空摄影机附有测微高差仪，用摄影方法记录摄影站的高差，精度达 ± 1.5 — ± 2.5 米；还附有无线电测高仪记录航高，精度达 ± 2.5 — ± 5 米。这些记录可以应用于摄影测量控制点加密工作中。

r. 飞机速度。

航空摄影时，飞机的速度愈快则工作效率愈高；但为了保证象片质量飞机速度要有一定的限制。在象片曝光瞬间飞机已移动了一段距离，这就在象片上引起位移，这种位移使得象片上地物影像模糊。假设飞机相对于地面的速度为 W ，象片曝光时间为 t ，则飞机在曝光时间内移动的距离 $\Delta\omega$ 为：

$$\Delta\omega = W \cdot t \quad 1$$

这就是地面相对于飞机的位移。反映在象片上的位移 $\delta\omega$ 为：

$$\delta\omega = \frac{\Delta\omega}{m} = \frac{W \cdot t}{m} \quad 2$$

式中： m 为象片摄影比例尺分母。

象片的象点位移应保持在0.1毫米以内，当位移不超过这个范围时，人眼是觉察不出来的。因此当摄影大比例尺象片时，除了缩短曝光时间外，飞机速度一般不得超过120—160公里/小时；中比例尺及小比例尺摄影时，通常限制在300公里/小时以内。

π. 航摄像片的重迭。

为了保持摄影象片的连续性，以便获得立体效应以及提高工作质量，要求象片与象片之间必须具有一定的重迭。航向方向的象片重迭称为航向重迭（或称纵向重迭）以 $P\%$ 表示；相邻航向之间的象片重迭称为旁向重迭（或称横向重迭）以 $q\%$ 表示。航向重迭与旁向重迭的百分数按下式计算：

$$\left. \begin{aligned} P\% &= \frac{l'_x}{l_x} 100 \\ q\% &= \frac{l'_y}{l_y} 100 \end{aligned} \right\} \quad 3$$

式中： l'_x 和 l'_y 分别为航向重迭与旁向重迭部分的宽度。

l_x 和 l_y 分别为象片在航向上与旁向上的整个宽度。

按照一般规定，平坦地区航向重迭 $P\%$ 为60%，最小不得小于53%；旁向重迭 $q\%$ 为30%，最小不得小于15%。若地形高差很大时，还必须考虑由于地形起伏而减少了象片重迭的百分数 $\left(50 \frac{h}{H} \%\right)$ ，才能保证所摄地区全部的象片重迭符合规定的要求。

地质工作者对航空摄影的要求，很大程度上决定于该区域的自然地理条件、地质情况和工作特点，在任何情况下，应满足地质工作者的需要，特别是在成象清晰方面。最后，我们还要考虑摄影季节，以在初春雪融化之后，植物发叶之前为最好。

(二) 计划航空摄影的一般原则

航空摄影是整个地形测量工作及应用航摄像片工作的第一个过程。因此航空摄影的计划应紧密地与以后所有各个工作的技术、程序、用途相结合。

1. 摄影航高的选择要根据航摄资料的测图方法、测图比例尺和测图精度要求而决定。一般应用的摄影航高300—8000米。大比例尺摄影时，航高在3000米以内；中比例尺

摄影时, 航高不超过4500米; 小比例尺摄影时, 航高为6000米, 高山地区例外。

2. 航摄机焦距的选择。

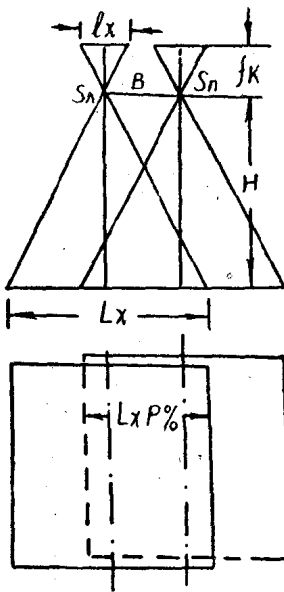
航空摄影机的焦距一般为50—500毫米。150毫米以下称短焦距, 160—250毫米称中等焦距, 300毫米以上称长焦距。为了满足地质工作的需要, 一般采用150—300毫米的焦距。

3. 航摄比例尺的选择。

一般对于地质工作来说, 航摄比例尺 应选择 在1:20000 附近, 焦距宜于150—300毫米之间。

4. 航摄像片重迭度的决定。

根据标准重迭度的要求, 即航向重迭 $P\%$ 为60%; 旁向重迭 $q\%$ 为30%, 并考虑由于地形高差而减少的象片重迭度。一般公式如下:



$$\left. \begin{aligned} P' &= P + 50 \frac{h}{H} \\ q' &= q + 50 \frac{h}{H} \end{aligned} \right\} \quad 4$$

式中: P' 、 q' 分别为计算的航向重迭与旁向重迭。

P 、 q 分别为平坦地区标准的航向重迭与旁向重迭。

h 为地形高差。

H 为摄影航高。

5. 相邻两摄影站间隔时间 t_x 的确定。

规定了航向重迭 $P\%$ 和象片比例尺 $\frac{1}{m}$, 就可以求出航线上相邻两摄影站之间的距离, 即摄影基线 B 。

从图2—4可知:

$$B = l_x m (1 - P\%) \quad 5$$

$$B = W \cdot t_x$$

$$t_x = \frac{B}{W} \quad 6$$

式中: B 为两摄影站的距离。

W 为飞机对于地面的速度。

l_x 为航向象片宽度。

6. 相邻航线之间距离的确定。

同理根据旁向重迭可知:

$$D_y = l_y m (1 - q\%) \quad 7$$

式中: D_y 为相邻航线之间的距离。

l_y 为旁向象片宽度。

(三) 航空摄影质量的评定

每次摄影完毕后, 航空摄影成果应进行质量评定。目的在于确定达到对质量要求的精确程度, 使成图保证一定的精度。

评定航空摄影的质量, 除了检查摄影质量以外, 还要作飞行质量的评价。其检查内容如下:

1. 航空象片重迭的检查

航向重迭不得小于53%；旁向重迭不得小于15%。可用镶嵌尺或利用公式(3)的计算方法检查之。

镶嵌尺是厚纸条做成的。尺长等于航摄像片的边长，量航向重迭用 l_x ；量旁向重迭用 l_y 。把全长分成20等分，则每份为5%。检查时，将尺端注有100%的分划对准一张象片的边缘，则相邻象片（航向或旁向）重迭边缘所对的分划线上的百分数，就是重迭的百分数。例：图2—5该象对的重迭度为70%。

2. 摄影航线直线性的检查

把一条航线的象片，根据重迭部分拼接起来。连首尾两张象片的主点，其长度为 L ，检查航线内各象片主点离此直线的垂直距离为 l ，其弯曲度应小于3%。

$$n\% = \frac{l}{L} 100 < 3\%$$

8

3. 象片倾斜角的检查

根据航摄像片角上圆水准器的分划值来评定，应 $< 3^\circ$ 。

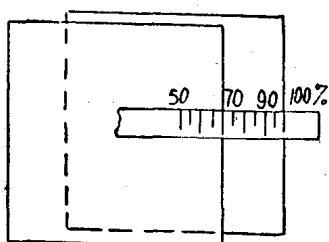


图 2—5 镶嵌尺的用法

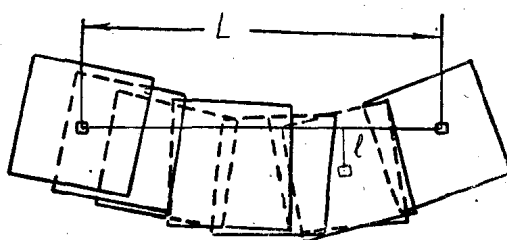


图 2—6 航摄像片直线性的检查

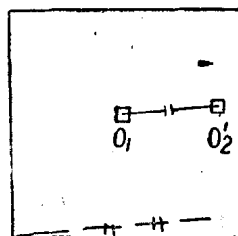


图 2—7 旋角的检查

4. 旋角的检查

检查旋角的目的就是检查航线方向是否平行图幅边框。

旋角——象片边线与相邻两象主点连线所夹之角。不得超过 5° 。

5. 软片压平的检查

为了检查软片压平情况，在航摄机承影框前，离四周2—2.5厘米处拉有四条细线（称为压平线）。摄影后，在软片上也就有四条线的构象。如果细线影像呈直线，则说明软片是压平的；反之则说明软片没有压平。

6. 摄影航高的检查

实际摄影的航高与计划规定的航高不应相差5%。航高小于1000米时，航高偏差不得大于50米。同一航线内航高偏差不得超过50米。

(四) 航摄像片的种类与用途

以航空摄影时主光轴所处的位置可分为垂直摄影和倾斜摄影两种。

1. 垂直摄影——摄影机的主光轴与铅垂线方向一致时的航空摄影称为垂直摄影。但由于目前技术还不能达到这个要求，所以在主光轴偏离铅垂线 3° 以内，我们仍称垂直摄影。垂直摄影的航摄像片即水平象片是进行各种量测的主要资料之一。还可以编制各种比例尺的地形图。也是航空方法进行地质制图资料的主要来源。

2. 倾斜摄影——摄影主光轴偏离垂直位置有一定角度的摄影称倾斜摄影。

傾斜攝影所得的航攝象片地形影像變形較大，所以不宜在傾斜較大的象片上進行各種量測工作。但是為了某種特殊需要是有其獨特的研究價值，所以一般傾斜攝影是配合應用的。如編制地質現象複雜地區的地質圖時，可以提供在水平象片上不能得到的而又能闡明地質構造和編制剖面圖必須的資料。在編制地質現象複雜地區的地質圖時，它具有很大的實用價值，因此傾斜航空攝影所得的資料是垂直航空攝影資料珍貴的補充。

以航空攝得的象片與象片之間的關係可分為單張的、單航綫的和面積攝影三種。

1. 單張象片攝影——為了了解一小塊地區或為某種科學研究需要而攝取的，即在空中選擇所需要的地面目標進行攝影。

2. 單航綫攝影——為了勘察某一綫路而在該綫路上進行連續攝影。如修建鐵路、公路、輸電綫等等。為了避免航攝漏洞，要有一定的航向重迭百分比。

3. 面積攝影——為了某一區域的調查或某種測量工作的需要，例如測制地形圖而進行較大面積的攝影。航綫敷設成相互平行的，一般敷設在東西方向上。為了保證量測的精確度，要有一定百分比的航向重迭與旁向重迭。

(五) 利用航攝資料編制各種圖件及其用途

由於每張象片所攝的面積有限，不能觀察整個地區的全貌，因此要求把單張象片拼接成一個整體的象片圖。

按其作業方法及用途可分成象片鑲輯圖、象片略圖以及象片平面圖。

1. 象片鑲輯圖的編制及用途。

象片鑲輯圖是最簡單的象片圖，直接利用接觸晒印的航攝象片，按其相鄰象片構象的重迭部分迭拼而成的象片圖，所以又名象片迭拼圖（圖2—8a 見87頁）。制作此圖的目的是為了檢查飛行時的攝影質量（有否航攝漏洞）和概略的表示航空攝影情況，所以一般是攝影後當天就制作的，以便發現問題第二天補攝。另外可以按梯形圖廓邊用白條貼在鑲輯圖上，根據真子午綫把梯形圖幅的方向定下來，進行復照成近似於一定比例尺的復照圖，即鑲輯復照圖（圖2—8b 見87頁）。由於象片鑲輯復照圖大致以梯形圖幅為單位，一幅或四幅制作成一份，上面有圖幅號碼，象片上也有編號，所以可以在鑲輯復照圖上尋找攝影地區所需要的航攝象片及大致分幅，因此又名象片索引圖。可以利用它了解攝區全貌及編制初步工作計劃。在沒有地形圖的地區顯得更為重要。

2. 象片略圖（又名象片草圖）的編制及用途。

象片略圖是利用接觸晒印的航攝象片，以某一種方法重迭起來，再把重迭部分以曲綫切開，然後依切割綫的地物鑲嵌而成（圖2—9 見88頁）。必要時可以按照需要的比例尺進行復照。在地質工作中必須復照成與野外地形圖比例尺相同的象片略圖。利用這種圖可以進行野外解釋及地形描繪。尤其在地質、地理、森林和水文方面的解釋有顯著的功效。可以直接在上面轉繪地質界綫作為野外地質清圖的底圖。

3. 象片平面圖的編制及用途

以上兩種象片圖所用的航攝象片都沒有經過糾正，所以包括了很多誤差，不能在這樣的象片圖上進行量測工作。只有象片平面圖是最完善的象片圖，因為所用的航攝象片經過了糾正，消除了由於象片傾斜而引起的象點位移和由於航高不同而引起象片比例尺不一致以及限制了由於地形起伏所引起的象點位移等等誤差。而且它的拼接鑲嵌要求比以上兩種象片圖的制作要求要高得多，所以象片平面圖實際上就是一幅沒有等高綫的地图，可以直接

利用它到野外去測繪地形就成地形图（即綜合法成图）。

象片平面图的編制是由糾正后的航空象片，即相当于垂直摄影（ $\alpha=0^\circ$ ）的航摄像片拼接鑲嵌而成的象片图。它的使用价值最高，能滿足各种工程上的需要。如果利用这种图作地质底图，則成图工作大大簡化而且质量很高。

二、水平航空摄影的几何关系

（一） 象片的中心投影与地形图的平面直角投影的关系

1. 象片的中心投影

航空摄影时，地物的影象通过投影中心（摄影机物鏡）而达于負片，这种投影称为中心投影。在图2—10上設A、C为地面上两点，S为投影中心。 a 、 c 为地面上A、C点在負片P上的影象。如以P'表示新的投影平面，地面上各点在P'平面上的投影为 a' 、 c' ，并設 $Sa'=Sa$ ， $So=So'$ ， $Sc=Sc'$ 。从图上可以看出两个投影面上各点影象相互对应，只是位置相反。实际上P'平面就相当于正片（象片），因此P'平面上地物点的影象即是地面的平面图。

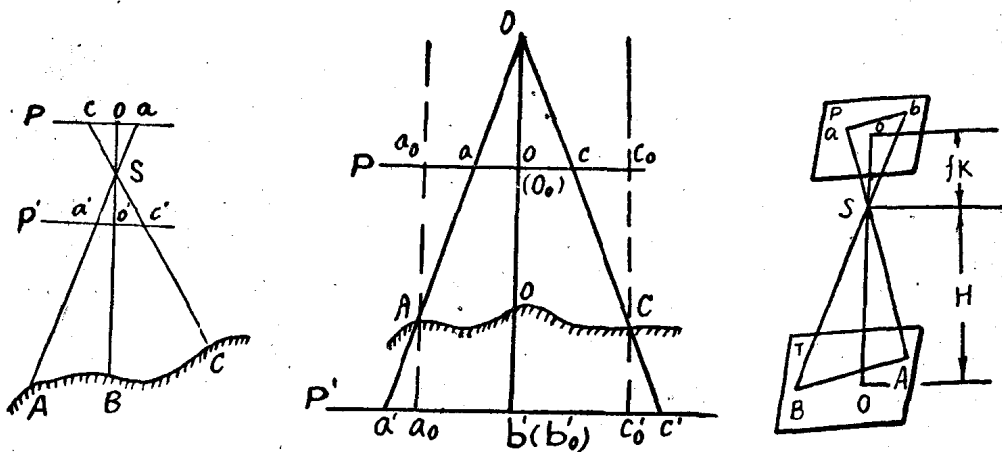


图 2—10 象片的中心投影 图 2—11 中心投影与直角投影的区别 图 2—12 水平象片的比例尺

如果象片是水平的，地面也是水平的，那么在象片上的地物影象与实际地物保持完全相似。其比例尺是一致的，和地面測量按直角投影所得的結果一样。

2. 中心投影与直角投影的区别

从图2—11中可以看出，地面上A、O、C的中心投影为 a 、 o 、 c ，而其直角投影为 a_0 、 o_0 、 c_0 。当投影面移至P'位置时，点的中心投影即为 a' 、 b' 、 c' ，而其直角投影各点位置不变。如果投影中心距所摄地面无限远时，投影光綫与投影面正交，即为直角投影。因此直角投影可以認為是中心投影中特殊的一种。在实际工作中投影中心距摄影地面的距离是一定的，因而包含了一定的投影誤差。

（二） 水平象片的比例尺

在航空摄影时，力求主光軸成为鉛直綫，即使 $\alpha=0^\circ$ 。此时航摄像片的比例尺 $\frac{1}{m}$ 就是航摄像片上某一綫段的长度与地面上相应綫段长度之比。当然单位应该化为相同。

据图2—12可知，